



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 24 394 A 1**

⑤⑦ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 05 D 13/48**

⑳ Aktenzeichen: 100 24 394.0  
㉒ Anmeldetag: 17. 5. 2000  
㉔ Offenlegungstag: 22. 11. 2001

**DE 100 24 394 A 1**

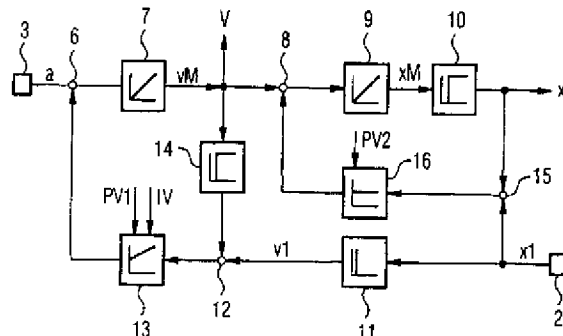
⑦① Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:  
Künzel, Stefan, Dipl.-Ing., 91056 Erlangen, DE;  
Heinemann, Gerhard, Dr.-Ing., 91058 Erlangen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Ermittlungsverfahren für eine Istgeschwindigkeit eines bewegbaren Verfahrelements

⑤⑦ Mit einem Beschleunigungssensor (3) wird eine Beschleunigung (a), mit einem Lagesensor (2) eines Messlage (x1) eines Verfahrelements (1) erfasst. Durch Integrieren bzw. Differenzieren werden eine Modellgeschwindigkeit (vM) bzw. eine Messgeschwindigkeit (v1) ermittelt. Anhand der Modellgeschwindigkeit (vM) wird eine Istgeschwindigkeit (v) ermittelt. Die Modellgeschwindigkeit (vM) und die Messgeschwindigkeit (v1) werden voneinander subtrahiert. Die Differenz wird einem Regler (13) mit einem Integralanteil zugeführt, dessen Ausgangssignal auf die Beschleunigung (a) aufaddiert wird.



**DE 100 24 394 A 1**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Ermittlungsverfahren für eine Istgeschwindigkeit eines bewegbaren Verfahrlements,

- wobei mittels eines Beschleunigungssensors eine Beschleunigung des Verfahrlements erfasst wird und durch Integrieren der Beschleunigung eine Modellgeschwindigkeit des Verfahrlements ermittelt wird,
- wobei mittels eines Lagesensors eine Messlage des Verfahrlements erfasst wird und durch Differenzieren der Messlage eine Messgeschwindigkeit des Verfahrlements ermittelt wird, und
- wobei anhand der Modellgeschwindigkeit die Istgeschwindigkeit ermittelt wird.

[0002] Ein derartiges Ermittlungsverfahren ist z. B. aus "Drehbeschleunigungssensor ermöglicht hochgenaue Drehzahlregelung" von Lothar Wilhelmy und Reinhard Domke, Sonderdruck aus "Antriebstechnik" 4/99 bekannt. Ein ähnlicher Offenbarungsgehalt ist dem Aufsatz "Relativbeschleunigungssensor - Potential und Einsatzmöglichkeiten in der Servo-Antriebstechnik" von W. Hiller, ISW, Stuttgart, gehalten auf dem ISW-Lageregelseminar 1998, zu entnehmen. [0003] Bei derartigen Ermittlungsverfahren muss die erfasste Beschleunigung offsetfrei bleiben, damit die Modellgeschwindigkeit nicht wegdriftet. Bei der letztgenannten Veröffentlichung wird dies dadurch gelöst, dass einem "Beobachter" die erfasste Beschleunigung und die Messlage zugeführt werden und der Beobachter daraus einen Offset für die erfasste Beschleunigung ermittelt, der dann eliminiert wird. In dieser Schrift ist weiter beiläufig als Alternative der Aufbau einer unterlagerten Beschleunigungsregelschleife erwähnt.

[0004] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Ermittlungsverfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem eine möglichst einfache und dennoch hochgenaue Kompensation eines etwaigen Beschleunigungsoffsets möglich ist.

[0005] Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Modellgeschwindigkeit und die Messgeschwindigkeit voneinander subtrahiert werden und die Differenz einem Regler mit einem Integralanteil, insbesondere einem PI-Regler, zugeführt wird, dessen Ausgangssignal auf die Beschleunigung aufaddiert wird.

[0006] Wenn die Modellgeschwindigkeit dem Regler mit einem Integralanteil zeitverzögert zugeführt wird, ist die Offsetkompensation mit höherer Regeldynamik durchführbar.

[0007] Wenn der Regler mit einem Integralanteil im Feld einstellbare Reglerparameter aufweist, sind die Reglerparameter im Feld an die dort konkret gegebenen Umstände anpaßbar.

[0008] Wenn durch Integrieren der Istgeschwindigkeit eine Modelllage und anhand der Modelllage eine Istlage ermittelt wird, kann anhand der Beschleunigung auch die Istlage berechnet werden.

[0009] Wenn die Istlage und die Messlage voneinander subtrahiert werden und die Differenz einem P-Regler zugeführt wird, dessen Ausgangssignal auf die Istgeschwindigkeit aufaddiert wird, ist auch die Istlage offsetfrei ermittelbar.

[0010] Wenn die Istlage gegenüber der Modelllage zeitverzögert ist, arbeitet die Regelung genauer.

[0011] Wenn der P-Regler im Feld einstellbare Reglerparameter aufweist, sind die Reglerparameter im Feld an die dort konkret gegebenen Umstände anpaßbar.

[0012] Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels. Dabei zeigen in Prinzipdarstellung

[0013] Fig. 1 eine Regelanordnung mit einem Verfahrlement und

[0014] Fig. 2 die innere Struktur der Regelanordnung von Fig. 1.

[0015] Gemäß Fig. 1 wird ein Bewegen eines Verfahrlements 1 sowohl mittels eines Lagesensors 2 als auch mittels eines Beschleunigungssensors 3 erfasst. Der Lagesensor 2 erfasst dabei eine Messlage  $x_1$ , der Beschleunigungssensor 3 eine Beschleunigung  $a$ . Die Beschleunigung  $a$  und die Messlage  $x_1$  können dabei wahlweise lineare oder rotatorische Größen sein.

[0016] Die Beschleunigung  $a$  und die Messlage  $x_1$  werden einer Regelanordnung 4 zugeführt. Die Regelanordnung 4 kann ein Hardwareregler sein. Vorzugsweise aber ist die Regelanordnung 4 ein Softwareregler, der ein Computerprogrammprodukt 5 abarbeitet. In diesem Fall ist die Regelanordnung 4 mit dem Computerprogrammprodukt 5 programmiert und arbeitet entsprechend der Programmierung durch das Computerprogrammprodukt 5.

[0017] Die Regelanordnung 4 ermittelt anhand der übermittelten Beschleunigung  $a$  und/oder der übermittelten Messlage  $x_1$  eine Istgeschwindigkeit  $v$  und vergleicht diese mit einer Sollgeschwindigkeit  $v^*$ . Die Regelanordnung 4 regelt dann das Verfahrlement 1 derart nach, dass die Istgeschwindigkeit  $v$  der Sollgeschwindigkeit  $v^*$  angeglichen wird.

[0018] Gemäß Fig. 2 wird die Beschleunigung  $a$  über einen ersten Additionspunkt 6 einem ersten Integrator 7 zugeführt. Dieser integriert das ihm zugeführte Signal und ermittelt so durch Integrieren der Beschleunigung  $a$  eine Modellgeschwindigkeit  $v_M$ . Die Modellgeschwindigkeit  $v_M$  wird als Istgeschwindigkeit  $v$  herangezogen. Sie wird über einen zweiten Additionspunkt 8 einem zweiten Integrator 9 zugeführt. Dieser ermittelt durch Integrieren der Istgeschwindigkeit  $v$  eine Modelllage  $x_M$  und gibt diese aus. Dem zweiten Integrator 9 ist ein erster Verzögerer 10 nachgeordnet, so daß das Ausgangssignal des ersten Verzögerers 10 der Istlage  $x$  entspricht.

[0019] Die Messlage  $x_1$  wird einem Differenzierer 11 zugeführt, der durch Differenzieren der Messlage  $x_1$  eine Messgeschwindigkeit  $v_1$  des Verfahrlements 1 ermittelt. Die Messgeschwindigkeit  $v_1$  und die Modellgeschwindigkeit  $v_M$  werden einem ersten Subtraktionspunkt 12 zugeführt. Dort werden die Modellgeschwindigkeit  $v_M$  und die Messgeschwindigkeit  $v_1$  voneinander subtrahiert. Die Differenz wird einem ersten Regler 13 zugeführt. Dessen Ausgangssignal wird dem ersten Additionspunkt 6 zugeführt und so ein etwaiger Offset der gemessenen Beschleunigung  $a$  kompensiert. Die Modellgeschwindigkeit  $v_M$  wird dem ersten Subtraktionspunkt 12 über einen zweiten Verzögerer 14 zugeführt, so dass im ersten Regler 13 mit gleichen Zeiten korrespondierende Größen  $v_M$ ,  $v_1$  miteinander verglichen werden.

[0020] Die Messlage  $x_1$  und die Istlage  $x$  werden einem zweiten Subtraktionspunkt 15 zugeführt. Dort werden die Istlage  $x$  und die Messlage  $x_1$  voneinander subtrahiert. Die Differenz wird einem zweiten Regler 16 zugeführt, dessen Ausgangssignal über den zweiten Additionspunkt 11 auf die Istgeschwindigkeit  $v$  aufaddiert wird.

[0021] Der erste Regler 13 ist als PI-Regler ausgebildet. Er weist daher mindestens zwei Reglerparameter auf, nämlich eine Proportionalverstärkung PV1 und eine Integralverstärkung IV. Insbesondere weist er somit einen Integralanteil auf. Der zweite Regler 16 ist als P-Regler ausgebildet. Er weist daher mindestens einen Reglerparameter auf, nämlich

eine zweite Proportionalverstärkung PV2.

[0022] Um die Regelanordnung 4 möglichst flexibel einsetzen zu können, sind die Reglerparameter PV1, PV2, IV im Feld einstellbar. Dies ist in Fig. 2 durch entsprechende Pfeile zu den Reglern 13, 16 angedeutet. Als besonders vorteilhaft hat sich erwiesen, wenn die Reglerparameter PV1, IV des ersten Reglers 13 derart gewählt werden, dass eine Regelabweichung nach fünf bis tausend, insbesondere nach einhundert bis dreihundert, Systemtaktungen ausgeregelt ist.

[0023] Aufgrund der Ausbildung des ersten Reglers 13 als PI-Regler regelt dieser jeden auch noch so geringen Offset des Beschleunigungssensors 3 zu Null. Stationär kann daher im Integrationszweig kein Geschwindigkeitsoffset entstehen. Aus diesem Grund ist die Ausbildung des zweiten Reglers 16 als P-Regler hinreichend.

[0024] Mit dem erfindungsgemäßen Ermittlungsverfahren bzw. der erfindungsgemäßen Regelanordnung 4 ist auf einfache Weise eine hochgenaue Geschwindigkeitsregelung des Verfahrlements 1 möglich, ohne dass die Gefahr eines Wegdriftens der aus der Beschleunigung  $a$  abgeleiteten Modellgeschwindigkeit  $v_M$  besteht.

#### Patentansprüche

1. Ermittlungsverfahren für eine Istgeschwindigkeit (v) eines bewegbaren Verfahrlements (1), wobei mittels eines Beschleunigungssensors (3) eine Beschleunigung (a) des Verfahrlements (1) erfasst wird und durch Integrieren der Beschleunigung (a) eine Modellgeschwindigkeit ( $v_M$ ) des Verfahrlements (1) ermittelt wird, wobei mittels eines Lagesensors (2) eine Messlage (x1) des Verfahrlements (1) erfasst wird und durch Differenzieren der Messlage (x1) eine Messgeschwindigkeit (v1) des Verfahrlements (1) ermittelt wird, wobei anhand der Modellgeschwindigkeit ( $v_M$ ) die Istgeschwindigkeit (v) ermittelt wird, und wobei die Modellgeschwindigkeit ( $v_M$ ) und die Messgeschwindigkeit (v1) voneinander subtrahiert werden und die Differenz einem Regler (13) mit einem Integralanteil, insbesondere einem PI-Regler (13), zugeführt wird, dessen Ausgangssignal auf die Beschleunigung (a) aufaddiert wird.
2. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Modellgeschwindigkeit ( $v_M$ ) dem Regler (13) mit einem Integralanteil zeitverzögert zugeführt wird.
3. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (13) mit einem Integralanteil im Feld einstellbare Reglerparameter (PV1, IV) aufweist.
4. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass durch Integrieren der Istgeschwindigkeit (v) eine Modelllage (xM) und anhand der Modelllage (xM) eine Istlage (x) ermittelt wird.
5. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Istlage (x) und die Messlage (x1) voneinander subtrahiert werden und daß die Differenz einem P-Regler (16) zugeführt wird, dessen Ausgangssignal auf die Istgeschwindigkeit (v) aufaddiert wird.
6. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Istlage (x) gegenüber der Modelllage (xM) zeitverzögert wird.
7. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 4, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der P-Regler (16) im Feld einstellbare Reglerparameter (PV2) aufweist.
8. Computerprogrammprodukt zur Durchführung des

Ermittlungsverfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7.

9. Regelanordnung zur Durchführung des Ermittlungsverfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7.

10. Regelanordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit einem Computerprogrammprodukt (5) nach Anspruch 8 programmiert ist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG 1

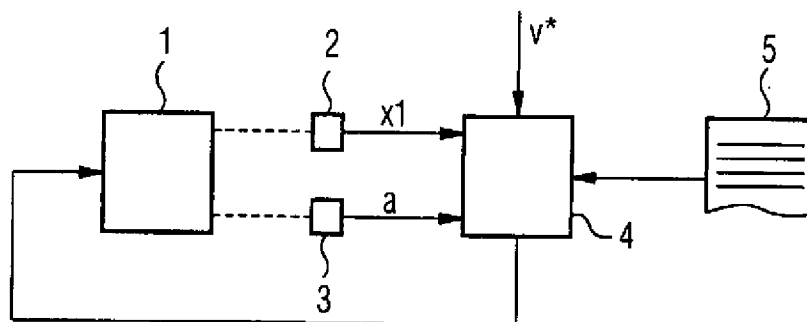


FIG 2

